

Titel

**Lichtquelle mit einer LED und einem
Lumineszenzkonversionskörper und Verfahren zum Herstellen des
Lumineszenzkonversionskörpers**

Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft eine Lichtquelle, aufweisend
mindestens eine LED zum Aussenden einer Primärstrahlung und
mindestens einen Lumineszenzkonversionskörper mit mindestens
einem Leuchtstoff zum Umwandeln der Primärstrahlung in eine
Sekundärstrahlung. Darüber hinaus wird ein Verfahren zum
Herstellen des Lumineszenzkonversionskörpers angegeben.

Stand der Technik

Eine Lichtquelle der genannten Art ist aus der DE 196 38 667
A1 bekannt. Die Lichtquelle wird als Lumineszenzkonversions-
LED bezeichnet. Die LED (Light Emitting Diode) der
Lichtquelle weist als aktive Schicht beispielsweise eine
Halbleiterschicht aus Galliumindiumnitrid (GaInN) auf. Durch
elektrische Ansteuerung wird von dieser Schicht eine
Primärstrahlung aus einem ersten Wellenlängenbereich
ausgesandt. Die LED emittiert beispielsweise "blaues" Licht.
Das Intensitätsmaximum der Primärstrahlung liegt bei etwa 450
nm. Die Primärstrahlung wird mit Hilfe eines Leuchtstoffs in
eine Sekundärstrahlung umgewandelt. Der Leuchtstoff ist
beispielsweise ein mit Cer dotierter Yttrium-Aluminium-Granat
(YAG:Ce , $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$). Der Leuchtstoff absorbiert die
Primärstrahlung und sendet Sekundärstrahlung aus einem
zweiten Wellenlängenbereich aus. Der Leuchtstoff emittiert
"gelbes" Licht mit einem von der Konzentration an Cer
abhängigen Intensitätsmaximum.

Der Leuchtstoff ist in Form von Pulverpartikeln in einem
Epoxidharz oder einem niedrig schmelzenden, anorganischen

Glas eingebettet. Das Epoxidharz und das Glas dienen als Matrix der Pulverpartikel. Die Pulverpartikel bilden zusammen mit dem Epoxidharz bzw. dem Glas den Lumineszenzkonversionskörper. Der

- 5 Lumineszenzkonversionskörper ist beispielsweise eine Platte oder eine Beschichtung der LED.

- Das Epoxidharz und das Glas sind für die Primärstrahlung und die Sekundärstrahlung zumindest teilweise transluzent. Dies
10 bedeutet, dass die Primärstrahlung und die Sekundärstrahlung durch das Epoxidharz und durch das Glas hindurchtreten können. Bei der Kombination Lumineszenzkonversionskörper mit YAG:Ce und einer LED mit GaInN treten gelbe und blau Strahlung durch den Lumineszenzkonversionskörper hindurch.
15 Das Ergebnis ist weiße Strahlung der Lichtquelle.

- Aufgrund des relativ hohen Brechungsindex des Leuchtstoffs im Vergleich zur umgebenden Matrix und aufgrund der Korngröße der Pulverpartikel des Leuchtstoffs dienen die Pulverpartikel
20 in der jeweiligen Matrix nicht nur der Lumineszenzkonversion. Die Pulverpartikel fungieren auch als Streuzentren. Dies bedeutet, dass an den Pulverpartikeln des Leuchtstoffs die Primärstrahlung und Sekundärstrahlung gestreut wird. Blaue Primärstrahlung und gelbe Sekundärstrahlung verlassen
25 ungerichtet den Lumineszenzkonversionskörper. Primärstrahlung und Sekundärstrahlung werden homogen gemischt. Dies führt zu einem homogenen Farbeindruck.

- Die LED der bekannten Lichtquelle emittiert neben der blauen, auch ultraviolette Strahlung mit einer relativ hohen
30 Intensität. Diese Strahlung kann zu einer fotoinduzierten chemischen Reaktionen des Epoxidharzes führen. Das Epoxidharz ist photochemisch nicht stabil. Bei der fotoinduzierten chemischen Reaktion können Reaktionsprodukte entstehen, die
35 zu einer Verminderung der Durchlässigkeit des Epoxidharzes für die Primär- und Sekundärstrahlung führen. Als Folge davon nimmt mit zunehmender Betriebsdauer der Lichtquelle eine

Lichtleistung der Lichtquelle ab. Die Lichtleistung ergibt sich aus der Photonenextraktion aus dem Halbleitermaterial der LED, der Effizienz der Lumineszenzkonversion durch den Leuchtstoff und der Effizienz der Auskopplung der Primär- und Sekundärstrahlung aus dem Lumineszenzkonversionskörper. Je undurchlässiger der Lumineszenzkonversionskörper für die Primär- und Sekundärstrahlung ist, desto niedriger ist die Lichtleistung.

- 5 Die DE 199 38 053 beschreibt eine LED, die von einem Silikongehäuse oder Keramikteil umgeben ist, wobei Leuchtstoffpulver in die Abdeckung als Fremdkomponente eingebettet sein kann.
- 10 Die DE 199 63 805 beschreibt eine LED, deren Chip sowohl ein nichtlinearer Kristall zur Frequenzänderung als auch ein übliches Konversionselement wie ein Leuchtstoff YAG:Ce davorgeschaltet ist.
- 15 Die WO 02/057198 beschreibt die Herstellung transparenter Keramiken wie YAG:Nd, der hier mit Neodym dotiert sein kann. Derartige Keramiken werden als Festkörper-Laser eingesetzt.

Offenbarung der Erfindung

- 25 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Lichtquelle mit einer LED gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 anzugeben, die über eine im Vergleich zum Stand der Technik längere Betriebsphase eine hohen Lichtleistung aufweist.

- 30 Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen finden sich in den Unteransprüchen. Zur Lösung der Aufgabe wird eine Lichtquelle angegeben, aufweisend mindestens eine LED zum Aussenden einer Primärstrahlung und mindestens einen Lumineszenzkonversionskörper mit mindestens einem Leuchtstoff zum Umwandeln der Primärstrahlung in eine Sekundärstrahlung.
- 35

Die Lichtquelle weist einen Lumineszenzkonversionskörper auf,

Die Lichtquelle weist einen Lumineszenzkonversionskörper auf, der ein polykristalliner keramischer Körper ist, der aus einzelnen Kristalliten zusammengesintert ist. Die Kristallite bestehen aus einem gewählten Basismaterial. Ein Teil der Kristallite, oder auch der ganze keramische Körper, ist mit einem Dotierstoff aktiviert, so dass dieses aktivierte Basismaterial als Leuchtstoff wirkt. beispielsweise ist das Basismaterial YAG und das aktivierte Basismaterial ist YAG:Ce, also mittels Dotierung mit Ce aktiviertes YAG.

Eine weitere Aufgabe ist es, ein Verfahren zum Herstellen eines Lumineszenzkonversionskörpers einer Lichtquelle gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 17 anzugeben. Zur Lösung der Aufgabe wird auch ein Verfahren zum Herstellen eines Lumineszenzkonversionskörpers einer Lichtquelle mit den kennzeichnenden Verfahrensschritten des Anspruchs 17 angegeben.

Insbesondere sind diese Schritte enthalten:

a) Bereitstellen eines polykristallinen keramischen Körpers aus einem keramischen Basismaterial und b) Dotieren zumindest eines Teils des keramischen Körpers mit einem Dotierstoff, wodurch dieser Teil des keramischen Körpers quasi den Leuchtstoff bildet. Zur Umwandlung der Primärstrahlung in die Sekundärstrahlung sind die LED und der

Lumineszenzkonversionskörper optisch miteinander gekoppelt. Dies bedeutet, dass der Lumineszenzkonversionskörper an einer Austrittsseite der Primärstrahlung aus der LED platziert ist.

Der keramische Körper kann dabei vollständig als Leuchtstoff wirken, indem er durch einen Dotierstoff modifiziert ist. Bevorzugt ist aber nur ein Teil, insbesondere ein Bereich an der Vorderfront oder Rückfront des keramischen Körpers, bezogen auf die Position der LED, von einem keramischen Basismaterial gebildet ist, da mit einem Dotierstoff aktiviert ist. In diesem Fall nimmt die Konzentration des Dotierstoffs von der Oberfläche in das Innere des keramischen Körpers hin ab, insbesondere exponentiell.

In dem keramischen Körper kann ein einziger Leuchtstoff
enthalten sein. Es ist aber auch möglich, dass eine Vielzahl
von Leuchtstoffen in dem keramischen Körper vorhanden ist.
5 insbesondere kann eine Dotierung (beispielsweise Ce) eine
Farbe liefern, und eine zweite oder weitere Dotierungen
(beispielsweise Eu, Nd, Tb oder Er oder Pr allein oder in
Kombination miteinander oder mit Ce) eine zweite Farbe. Die
erste Dotierung kann an der Vorderseite, die zweite Dotierung
10 an der Rückseite, oder an der Vorderseite schachbrettartig
auf Zonen verteilt sein. Auf diese Weise kann eine beliebige
Mischfarbe erzeugt werden. Die verschiedenen Leuchtstoffe
werden durch Primärstrahlung aus dem gleichen oder auch aus
unterschiedlichen Wellenlängenbereichen eines breiten
15 Primärspektrums angeregt. Die angeregten Leuchtstoffe
emittieren jeweils Sekundärstrahlung in voneinander
verschiedenen Wellenlängenbereichen. Die Sekundärstrahlungen
mit verschiedenen Emissionswellenlängen bilden eine
Mischfarbe der Lichtquelle, evtl. zusammen mit einem
20 nichtkonvertierten Rest der Primärstrahlung, die insbesondere
blau oder grün ist.

Für eine hohe Lichtleistung ist es besonders vorteilhaft,
wenn der keramische Körper für die Primärstrahlung und/oder
25 für die Sekundärstrahlung transluzent und/oder transparent
ist. Dazu weist in einer besonderen Ausgestaltung der
keramische Körper eine Keramikdichte von über 90% und
insbesondere mindestens 95% bis 97%, insbesondere nahezu 100%
auf. Ab dieser Keramikdichte von 90 % zeichnet sich der
30 keramische Körper durch eine ausreichend hohe Transluzenz für
die Sekundärstrahlung auf. Dies bedeutet, dass diese
Strahlung durch den keramischen Körper hindurchtreten kann.
Dazu weist der keramische Körper vorzugsweise für die
Sekundärstrahlung einer bestimmten Wellenlänge eine
35 Transmission von über 60% auf. eine bevorzugte
Ausführungsform ist, dass die Sekundärstrahlung und/oder die
Primärstrahlung an Streuzentren im keramischen Körper

gestreut und über zum Teil sogar mehrfache Streuung durch den keramischen Körper hindurchtritt. Als Streuzentren kommen insbesondere Fremdkristallite

- 5 In einer besonderen Ausgestaltung weist der keramische Körper Kristallite mit einer Korngröße aus dem Bereich von einschließlich 1 μm bis einschließlich 100 μm auf. Die Korngröße ist ein äquivalenter Durchmesser der Kristallite eines Mikrogefüges einer Keramik. Vorzugsweise beträgt die
- 10 Korngröße 10 μm bis 50 μm . Mit dieser Korngröße ist eine effiziente Lumineszenzkonversion möglich. Darüber hinaus können die Keramikkörner des Basismaterials und/oder die Keramikkörner des Leuchtstoffs als Streuzentren fungieren, indem geeignet dimensionierte Poren entsprechend der
- 15 gewählten theoretischen Dichte erzeugt werden.

- Als Leuchtstoffe kommen beispielsweise Basismaterialien wie Aluminate, Granate oder Silikate in Frage, die teilweise mit einem Seltenerdmetall dotiert sind. In einer besonderen
- 20 Ausgestaltung ist der Leuchtstoff ein mit Cer dotierter Yttrium-Aluminium-Granat. Yttrium-Aluminium-Granat wird durch die Dotierung mit Cer "aktiviert". Cer fungiert als Aktivator. Es resultiert ein gelb emittierender Leuchtstoff. Die Lage des Emissionsmaximums des Leuchtstoffs hängt dabei
- 25 von der Cer-Konzentration ab.

- Der keramische Körper kann über das ganze Volumen mit Cer oder einem anderen Dotierstoff (Aktivator) dotiert sein. Denkbar ist aber auch, dass der keramische Körper nur
- 30 teilweise die Dotierung aufweist. Beispielsweise ist lediglich ein oberflächennaher Bereich des keramischen Körpers dotiert. Eine Ausführungsform ist, dass in diesem oberflächennahen Bereich Regionen mit und ohne Dotierung vorliegen. Der keramische Körper ist beispielsweise ein
- 35 Quader mit einer der LED zugewandten Vorderseite und einer von ihr abgewandten Rückseite sowie Seitenflächen.

Die LED kann ein beliebiges Halbleitermaterial zur Emission der Primärstrahlung aufweisen. Beispielsweise ist die LED eine UV-LED mit einer Emission aus dem Bereich von 370 nm bis 400 nm. In einer besonderen Ausgestaltung weist die LED ein
5 aus der Gruppe Galliumindiumnitrid und/oder Galliumnitrid ausgewähltes Halbleitermaterial auf. Diese Halbleitermaterialien emittieren bei elektrischer Ansteuerung relativ kurzwellige (blaue) Primärstrahlung (beispielsweise 400 nm bis 480 nm). Diese Primärstrahlung eignet sich
10 insbesondere zur Anregung der oben genannten Leuchtstoffe. Besonders vorteilhaft eignet sich eine Kombination einer solchen LED mit einem keramischen Körper, der aus mit Cer dotiertem Yttrium-Aluminium-Granat besteht. Durch diese Kombination ist eine weiß emittierende
15 Lumineszenzkonversions-LED zugänglich.

In einer weiteren Ausgestaltung ist dem keramischen Körper eine Vielzahl von LEDs zugeordnet. Der keramische Körper, beispielsweise eine Platte, wird von einer Vielzahl von LEDs
20 bestrahlt. Insbesondere bei Verwendung eines keramischen Körpers mit Streuzentren, insbesondere mit Poren entsprechend einer theoretischen Dichte von 93 bis 98%, wird dadurch eine flächige Lichtquelle mit einem über eine relativ große Fläche homogenen Farbeindruck erzielt.

25 Der keramische Körper kann von der LED beabstandet sein, also "LED-fern" angeordnet sein. Der keramische Körper und die LED befinden sich dann in einem größeren Abstand zueinander. Der Abstand beträgt beispielsweise wenige Millimeter. Der
30 keramische Körper kann aber insbesondere auch "LED-nah" angeordnet sein. Dazu ist gemäß einer besonderen Ausgestaltung das Basismaterial des keramischen Körpers gleichzeitig ein Trägerkörper (Substrat) der LED. Dies bedeutet, dass die LED auf dem keramischen Körper mittelbar
35 oder unmittelbar angeordnet ist. ein Beispiel ist ein T-förmig gestalteter keramischer Körper, dessen beide Arme des T das Substrat bilden, während der Stumpf des T den

Lumineszenzkonversionskörper bildet. Ein weiteres Substrat zur Anordnung der LED ist nicht nötig.

5 In einer besonderen Ausgestaltung ist zwischen der LED und dem keramischen Körper eine Verbindungsschicht zum festen Verbinden der LED und des keramischen Körpers vorhanden. Die Verbindungsschicht weist insbesondere einen Klebstoff auf. Mit Hilfe des Klebstoffs wird ein Stoffschluss zwischen der LED und dem keramischen Körper hergestellt. Vorzugsweise ist
10 der Klebstoff aus einem Material, das weitgehend fotostabil ist. Dies bedeutet, dass der Klebstoff mit ultraviolettem Licht bestrahlt werden kann, ohne dass nachhaltig eine fotoinduzierte chemische Reaktion stattfindet. Diese Reaktion könnte, ähnlich dem Epoxidharz, zu Reaktionsprodukten führen,
15 die die Effizienz der Übertragung der Primärstrahlung auf den Lumineszenzkonversionskörper verschlechtern könnten. Es ist aber zu erwarten, dass sich bei einer Verbindungsschicht von wenigen µm die Transmission des Klebstoffs für die Wellenlängen der Primärstrahlung durch das
20 Vorhandensein der Reaktionsprodukte nur gering ändert.

In einer weiteren Ausgestaltung weist der keramischen Körper mindestens ein optisches Element zum Beeinflussen eines Strahlengangs der Primärstrahlung und/oder eines
25 Strahlengangs der Sekundärstrahlung auf. Vorzugsweise ist das optische Element an mindestens einem Oberflächenabschnitt des keramischen Körpers angeordnet. Beispielsweise ist das optische Element ein aufgerauter und/oder polierter Oberflächenabschnitt.

30 Vorteilhaft ist insbesondere das optische Element eine Linse. Die Linse kann dabei konkav oder konvex geformt sein. Auf diese Weise kann der Oberflächenabschnitt auf die Primär- und Sekundärstrahlung fokussierend oder defokussierend wirken.

35 In einer weiteren Ausgestaltung ist das optische Element mindestens ein die Primärstrahlung und/oder die

Sekundärstrahlung streuendes Streuzentrum. Das oder die Streuzentren werden beispielsweise von dem Basismaterial des keramischen Körpers gebildet. Beispielsweise ist das optische Element eine aufgeraute Oberfläche des keramischen Körpers.

5

Insbesondere weist das Streuzentrum einen aus der Gruppe Aluminiumoxid, Titanoxid, Yttrium-Aluminium-Granat und/oder Yttriumoxid ausgewählten Stoff auf. Bevorzugt ist dabei, dass diese Stoffe an einem Oberflächenabschnitt des keramischen Körpers angeordnet sind. Vorteilhaft sind die genannten Stoffe als Streuzentren im Volumen des keramischen Körpers, beispielsweise als Schicht, enthalten.

10

In einer besonderen Ausgestaltung des Verfahrens zum Herstellen des Lumineszenzkonversionskörpers wird zum Dotieren ein Zusammenbringen des keramischen Körpers und einer Lösung des Dotierstoffs durchgeführt. Beispielsweise wird auf einem keramischen Körper aus Yttrium-Aluminium-Granat eine Cer(III)-Ionen enthaltende (alkoholische oder wässrige) Lösung aufgebracht. Nach dem Zusammenbringen des keramischen Körpers und des Dotierstoffs wird insbesondere eine Temperaturbehandlung durchgeführt. Dadurch kommt es zur Dotierung. Beispielsweise wird ein Tempern bei einer Temperatur von 1.500° C durchgeführt. Durch Diffusion wird Cer in den Yttrium-Aluminium-Granat eingebaut.

15

20

25

Insbesondere wird zum Zusammenbringen ein aus der Gruppe Aufschleuderverfahren, Tauchverfahren und/oder Tropfverfahren ausgewähltes Beschichtungsverfahren durchgeführt. Das Ergebnis dieser chemischen Beschichtungsverfahren (chemical solution deposition, CSD) ist eine dünne Schicht der Lösung des Dotierstoffs auf einem Oberflächenabschnitt des keramischen Körpers.

30

35

Um zu größeren Schichtdicken mit der Dotierung zu gelangen, werden das Zusammenbringen des keramischen Körpers aus dem keramischen Basismaterial und der Lösung des Dotierstoffs

und/oder die Temperaturbehandlung vorzugsweise mehrmals durchgeführt.

Mit diesem Verfahren kann insbesondere mit aus der

5 Fotolithographie bekannten Verfahren ein strukturierter Lumineszenzkonversionskörper erhalten werden. Aktivierter und nicht aktivierter Oberflächenabschnitte des Lumineszenzkonversionskörpers liegen nebeneinander.

10 Zur Herstellung des Lumineszenzkonversionskörpers wird insbesondere ein keramischer Körper mit einem aus der Gruppe Aluminiumoxid, Yttrium-Aluminium-Granat und/oder Yttriumoxid ausgewählten keramischen Basismaterial verwendet.

15 Alternativ zum vorgestellten Verfahren wird bereits dotiertes keramisches Ausgangsmaterial zum Lumineszenzkonversionskörper gesintert.

Zusammenfassend ergeben sich mit der Erfindung folgende
20 wesentlichen Vorteile: Die Lichtquelle mit der LED und dem keramischen, transluzenten Lumineszenzkonversionskörper zeichnet sich durch eine hohe Lichtleistung aus. Der Lumineszenzkonversionskörper ist thermisch und photochemisch stabil. Die hohe Lichtleistung bleibt daher auch bei längerem
25 Betrieb der Lichtquelle erhalten. Der Lumineszenzkonversionskörper kann optische Elemente wie eine Linse oder Streuzentren aufweisen.

Kurze Beschreibung der Figuren

30

Anhand eines Beispiels und der dazugehörigen Figuren wird die Erfindung im Folgenden näher erläutert. Die Figuren sind schematisch und stellen keine maßstabgetreuen Abbildungen dar.

35

Figuren 1 bis 3 zeigen verschiedene Anordnungen der LED und des Lumineszenzkonversionskörper zu einer Lichtquelle im Querschnitt.

5 Figuren 4 und 5 zeigen Lumineszenzkonversionskörper im Querschnitt.

Figuren 6 und 7 zeigen Lumineszenzkonversionskörper mit unterschiedlich gestalteten Oberflächenabschnitten.

10

Figur 8 zeigt eine integrale Ausführungsform von LED und Lumineszenzkonversionskörper.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele

15

Die Lichtquelle 1 in Figur 1 ist eine weißes Licht abstrahlende Lumineszenzkonversions-LED. Sie besteht aus einer LED 2 und einem Lumineszenzkonversionskörper 3. Die LED 2 weist als Halbleitermaterial GaInN auf. Die LED 2 emittiert als Primärstrahlung 4 blaues Licht mit einem Intensitätsmaximum bei etwa 450 nm.

20

Der Lumineszenzkonversionskörper 3 ist ein polykristalliner keramischer Körper mit einer Keramikdichte von etwa 95% der theoretischen Dichte. Der keramische Körper 3 besteht aus Keramikpartikeln, also Kristalliten, mit einer durchschnittlichen Korngröße von 10 µm bis 20 µm (verstanden als äquivalenter Durchmesser). Basismaterial des keramischen Körpers 3 ist ein Yttrium-Aluminium-Granat. Das Basismaterial ist zur Aktivierung homogen mit Ce dotiert. Das mit Ce dotierte nach wie vor keramische Basismaterial fungiert als Leuchtstoff, der die Primärstrahlung 4 der LED 2 in die Sekundärstrahlung 5 umwandelt. Die vom Leuchtstoff emittierte Sekundärstrahlung 4 weist ein von der Konzentration an Ce abhängiges Intensitätsmaximum im gelben Spektralbereich auf. Der Lumineszenzkonversionskörper 3 weist für die Sekundärstrahlung 5 eine Transmission von etwa 80% auf.

30

35

Der Lumineszenzkonversionskörper ist sowohl für die Primärstrahlung als auch für die Sekundärstrahlung transluzent. Nur ein Teil der Primärstrahlung wird mit Hilfe des Leuchtstoffs in Sekundärstrahlung umgewandelt. Primärstrahlung und Sekundärstrahlung treten durch den Lumineszenzkonversionskörper 3 hindurch und erscheinen für den Betrachter als weißes Licht.

- 10 Der Lumineszenzkonversionskörper 3 fungiert als Trägerkörper 6 der LED 2. Die LED 2 und der Lumineszenzkonversionskörper 3 können unmittelbar aneinander angeordnet sein (Figur 1).

Alternativ dazu ist zwischen LED 2 und Lumineszenzkonversionskörper 3 eine Verbindungsschicht 7 angeordnet. Die Verbindungsschicht 7 weist einen Klebstoff 8 auf, siehe Fig. 2. Die LED 2 und der Lumineszenzkonversionskörper 3 sind miteinander verklebt. Zum Herstellen dieser Anordnung wird beispielsweise die LED 2 auf einem Hilfssubstrat epitaktisch abgeschieden. Danach wird das Hilfssubstrat entfernt und die LED 2 und der Lumineszenzkonversionskörper 3 mit Hilfe des Klebstoffs 8 verbunden.

- 25 In einer weiteren Ausführungsform fungiert der Lumineszenzkonversionskörper 3 nicht als Trägerkörper 6 der LED 2. Die LED 2 und der Lumineszenzkonversionskörper 3 sind in einem Abstand 13 von einigen Millimetern zueinander angeordnet (Figur 3).

30 Der Lumineszenzkonversionskörper 3 weist insbesondere mindestens ein optisches Element 10 zum Beeinflussen eines Strahlengangs der Primärstrahlung 4 und eines Strahlengangs der Sekundärstrahlung 5 auf. Dieses optische Element 10 besteht hier aus einer Vielzahl von homogen verteilten Streuzentren, die vom Basismaterial selbst als Poren im

Volumen des Lumineszenzkonversionskörpers 3 gebildet sind, siehe Figur 3.

In Figur 4 ist ein Lumineszenzkonversionskörper 3, der aus
5 einem Träger 17 besteht, der nur Basiskristallite
(beispielsweise YAG) enthält, und dessen Rückfront (bezogen
auf die LED) eine Schicht 16 von wenigen mm Tiefe aufweist,
die durch Dotieren mit Ce aktiviert ist, so dass dort YAG:Ce
als wirksamer Leuchtstoff vorliegt. Im allgemeinen nimmt dabei die
10 Konzentration des Ce nach innen hin stark ab, bis sie nicht
mehr wirksam ist.

Als Streuzentren kommen auch Fremdkristallite im Verbund der
Kristallite des Basismaterials (Basiskristallite) in Frage,
15 beispielsweise Al_2O_3 in YAG:Ce bzw. YAG. Insbesondere ist
bevorzugt Yttriumoxid in YAG:Ce bzw. YAG. Beispielsweise kann
eine oder mehrere Zonen 15 eine relativ hohe Konzentration an
Fremdkristalliten aufweisen, in Figur 5 als Punkte
symbolisiert.

20 Gemäß weiterer Ausführungsformen weist der
Lumineszenzkonversionskörper 3 eine Linse 14 auf. Dazu ist
der Oberflächenabschnitt 11 des Lumineszenzkonversionskörpers
3 konvex (Figur 6) oder konkav geformt (Figur 7).

25 In einer weiteren Ausführungsform ist die LED und der
Lumineszenzkonversionskörper ein integraler Körper 20, der
beispielsweise T-förmig oder L-förmig mit Armen 21 und einem
Stumpf 22 gestaltet. Die Arme dienen wie an sich bekannt
30 (beispielsweise GB 2 325 080) als keramisches Substrat, ein
Bereich 26 der Arme 21 ist epitaktisch beschichtet, oder LED
darauf gesetzt, so dass die Arme als Strahlungserzeuger der
LED dienen. Diese Strahlung wird in den Stumpf geleitet,
entweder von außen mittels Reflektoren 23 oder von innen
35 mittels Totalreflexion an den Oberflächen 24, so dass eine im
Stumpf 22 vorhandene Schicht 25, die geeignet dotiert ist,
die Lumineszenzkonversion bewirkt.

Zum Herstellen des Lumineszenzkonversionskörpers wird ein keramischer Körper aus Yttrium-Aluminium-Granat bereitgestellt, der mit Cer dotiert wird. Dazu wird der
5 keramische Körper durch Dip-Coating (Tauchverfahren) fünf mal mit einer Lösung von 0,5 M Cer(III)-nitrat und 1,0 M Ethylenglykol in Ethanol beschichtet. Nach jeder Beschichtung wird eine kurze Temperaturbehandlung durchgeführt (etwa fünf Minuten bei 400° C). Abschließend wird bei 1500° C zwei
10 Stunden getempert. Dabei diffundiert Cer in das Yttrium-Aluminium-Granat. Es bildet sich in dem keramischen Körper eine Schicht mit dem Leuchtstoff.

In einer weiteren Ausführungsform wird die Schicht mit dem
15 Leuchtstoff unter Anwendung eines Fotolithographieverfahrens strukturiert.

Ein Verfahren zum Herstellen eines Lumineszenzkonversionskörpers einer Lichtquelle zeigt
20 insbesondere folgende Verfahrensschritte:
Bereitstellen eines polykristallinen keramischen Körpers aus einem keramischen Basismaterial und
Dotieren des keramischen Körpers mit einem Dotierstoff, so dass der keramische Körper als Leuchtstoff wirkt, indem man
25 den Dotierstoff oder einen entsprechenden chemischen Vorläufer auf den keramischen Körper, insbesondere nur auf einen Teil des keramischen Körpers, aufträgt und anschließend durch thermische Behandlung in den keramischen Körper eindiffundiert. Je nach aufgebracht Menge, gewählter
30 Temperatur und Dauer der Behandlung dringt der Dotierstoff dabei unterschiedlich tief in den keramischen Körper ein. Vorteilhaft wird der Dotierstoff nur auf einer Seite des keramischen Körpers, der häufig ein Quader ist, aufgetragen. Auch auf zwei gegenüberliegenden Seiten kann er aufgetragen
35 werden.

Alternativ kann auch der keramische Körper in ein Salzbad des Dotierstoffs, beispielsweise die Dotierung Ce als Cerchlorid-

Bad, eingelegt werden und dort über einen längeren Zeitraum, der 10 bis 70 Stunden betragen kann, der Diffusion von allen Seiten ausgesetzt sein.

- 5 Als besonders bevorzugte Streuzentren erweisen sich Poren, die je nach Größe und Anzahl unterschiedlich wirken. Ein Maß für die Porenmenge und Größe ist insbesondere die Dichte. Je niedriger die Dichte, desto größer die Zahl der als Streuzentren wirkenden Poren. Unterhalb 90 % der
- 10 theoretischen Dichte ist das Streuverhalten zu stark, gute Ergebnisse lassen sich mit 93 bis 97% der theoretischen Dichte erzielen.

Patentansprüche

1. Lichtquelle (1), aufweisend
 - mindestens eine LED (2) zum Aussenden einer Primärstrahlung (4) und
 - mindestens einen Lumineszenzkonversionskörper (3) zum Umwandeln der Primärstrahlung (4) in eine Sekundärstrahlung (5),
dadurch gekennzeichnet, dass
 - der Lumineszenzkonversionskörper ein polykristalliner keramischer Körper ist, der selbst teilweise oder vollständig als Leuchtstoff wirkt, indem zumindest ein Teil des den keramischen Körpers bildenden Basismaterials durch einen Dotierstoff aktiviert ist.
2. Lichtquelle nach Anspruch 1, wobei der keramische Körper (3) für die Primärstrahlung (4) und/oder für die Sekundärstrahlung (5) transluzent ist.
3. Lichtquelle nach Anspruch 1, wobei der keramische Körper (3) für Sekundärstrahlung (5) einer bestimmten Wellenlänge eine Transmission von über 60% aufweist.
4. Lichtquelle nach Anspruch 1, wobei der keramische Körper (3) eine Keramikdicke von über 90% aufweist, bevorzugt von mindestens 95%.
5. Lichtquelle nach Anspruch 1, wobei der keramische Körper (3) aus Kristalliten mit einem mittleren äquivalenten Durchmesser aus dem Bereich von einschließlich 1 µm bis einschließlich 100 µm, bevorzugt 10 bis 50 µm, besteht.
6. Lichtquelle nach Anspruch 1, wobei der Leuchtstoff ein mit Cer dotierter Yttrium-Aluminium-Granat ist.

7. Lichtquelle nach Anspruch 1, wobei die LED (2) ein aus der Gruppe GaInN und/oder GaN ausgewähltes Halbleitermaterial aufweist.
- 5 8. Lichtquelle nach Anspruch 1, wobei dem keramischen Körper (3) eine Vielzahl von LEDs zugeordnet ist.
9. Lichtquelle nach Anspruch 1, wobei der keramische Körper (3) ein Trägerkörper (6) der LED (2) ist.
- 10 10. Lichtquelle nach Anspruch 1, wobei zwischen der LED (2) und dem keramischen Körper (3) eine Verbindungsschicht (7) zum festen Verbinden der LED (2) und des keramischen Körpers (3) vorhanden ist.
- 15 11. Lichtquelle nach Anspruch 10, wobei die Verbindungsschicht (7) einen Klebstoff (8) aufweist.
12. Lichtquelle nach Anspruch 1, wobei der keramische Körper (3) mindestens ein optisches Element (10) zum Beeinflussen eines Strahlengangs der Primärstrahlung (4) und/oder eines Strahlengangs der Sekundärstrahlung (5) aufweist.
- 20 13. Lichtquelle nach Anspruch 12, wobei das optische Element (10) an mindestens einem Oberflächenabschnitt (11) des keramischen Körpers (3) angeordnet ist.
14. Lichtquelle nach Anspruch 13, wobei der Lumineszenzkörper als Linse (14) ausgebildet ist.
- 30 15. Lichtquelle nach Anspruch 12, wobei das optische Element (10) mindestens ein die Primärstrahlung (4) und/oder die Sekundärstrahlung (5) streuendes Element ist.
- 35 16. Lichtquelle nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß das optische Element aus einer Vielzahl von

Streuzentren gebildet ist, wobei die Streuzentren des optischen Elements entweder aus Poren innerhalb des keramischen Körpers oder aus Fremdkristalliten aus der Gruppe Aluminiumoxid, Titanoxid, Yttrium-Aluminium-Granat (YAG) und/oder Yttriumoxid innerhalb des aus Basiskristalliten gebildeten keramischen Körpers bestehen, wobei die Fremdkristallite bevorzugt chemisch verwandt zu den Basiskristalliten sind, insbesondere Yttriumoxid als Fremdkristallite in Basiskristalliten aus YAG.

17. Verfahren zum Herstellen eines Lumineszenzkonversionskörpers einer Lichtquelle nach einem Ansprüche 1 bis 16 mit folgenden Verfahrensschritten:
 - a) Bereitstellen eines polykristallinen keramischen Körpers aus einem keramischen Basismaterial und
 - b) Dotieren des keramischen Körpers mit einem Dotierstoff, so dass der keramische Körper als Leuchtstoff wirkt, indem man den Dotierstoff oder einen entsprechenden chemischen Vorläufer auf den keramischen Körper, insbesondere nur auf einen Teil des keramischen Körpers, aufträgt und anschließend durch thermische Behandlung mittels erhöhter Temperatur in den keramischen Körper eindiffundiert.
18. Verfahren nach 17, wobei zum Auftragen ein aus der Gruppe Aufschleuderverfahren, Tauchverfahren und/oder Tropfverfahren ausgewähltes Beschichtungsverfahren durchgeführt wird.
19. Verfahren nach Anspruch 18, wobei das Zusammenbringen des keramischen Körpers aus dem keramischen Basismaterial und der Lösung des Dotierstoffs und/oder die Temperaturbehandlung mehrmals durchgeführt werden.

19

20. Verfahren nach Anspruch 17, wobei ein keramischer Körper mit einem aus der Gruppe Aluminiumoxid, Yttrium-Aluminium-Granat und/oder Yttriumoxid ausgewählten keramischen Basismaterial verwendet wird.

Zusammenfassung

**Lichtquelle mit einer LED und einem
Lumineszenzkonversionskörper und Verfahren zum Herstellen des
5 Lumineszenzkonversionskörpers**

Die Erfindung betrifft eine Lichtquelle (1), aufweisend
mindestens eine LED (2) zum Aussenden einer Primärstrahlung
(4) und mindestens einen Lumineszenzkonversionskörper (3) mit
10 mindestens einem Leuchtstoff zum Umwandeln der
Primärstrahlung (4) in eine Sekundärstrahlung (5). Der
Lumineszenzkonversionskörper ist ein polykristalliner
keramischer Körper. Die LED basiert auf GaInN und sendet
blaue Primärstrahlung aus. Der keramische Körper besteht
15 beispielsweise aus einem Leuchtstoff, der auf einem mit Cer
dotiertem Yttrium-Aluminium-Granat basiert. Dieser
Leuchtstoff emittiert gelbe Sekundärstrahlung. Blaue
Primärstrahlung und gelbe Sekundärstrahlung durchdringen den
Lumineszenzkonversionskörper und werden vom Betrachter als
20 weißes Licht wahrgenommen. Zum Herstellen des
Lumineszenzkonversionskörpers wird ein polykristalliner
keramischer Körper bereitgestellt, der mit einer Lösung eines
Dotierstoffs zusammengebracht wird. Durch eine
Temperaturbehandlung diffundiert der Dotierstoff (Aktivator)
25 in den keramischen Körper, wobei sich der Leuchtstoff bildet.

Figur 1